

Промежуточный отчет о проделанной работе

Задача: распознавание сигнала от прохождения поезда на сейсмограмме.

Сейсмограмма:

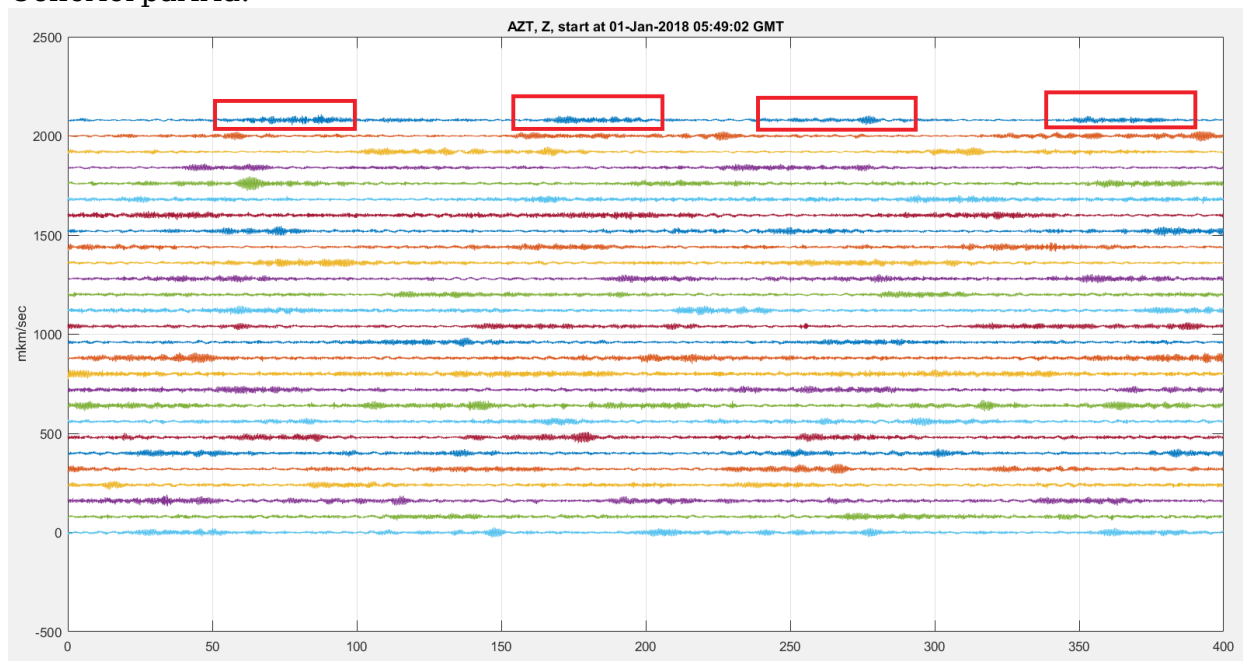
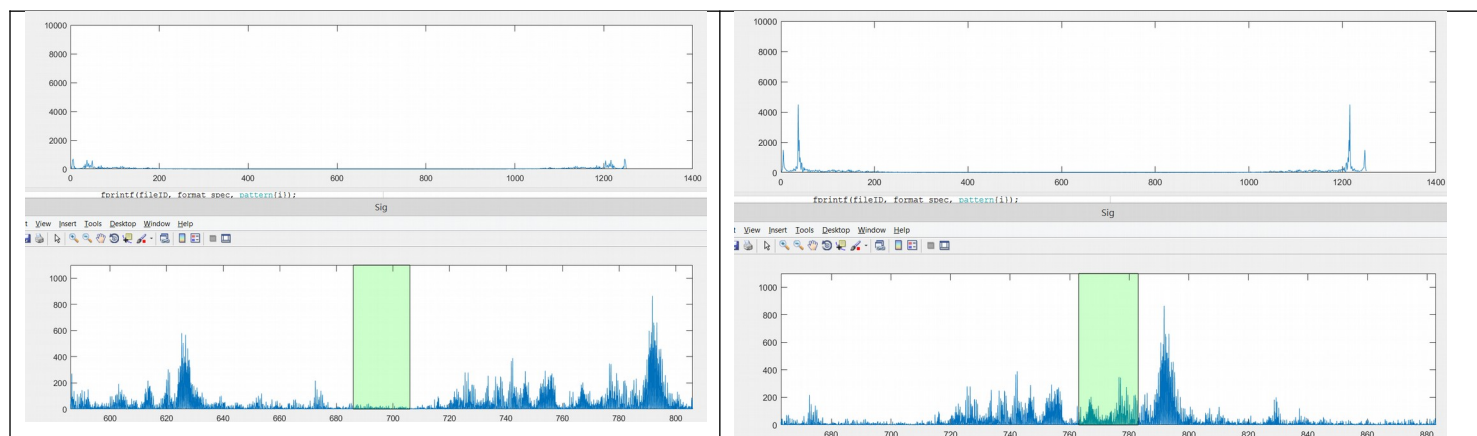


Рис.1 Красными квадратами отмечены отрезки времени, во время которых фиксируется сигнал от поезда. Надо отметить, что в данном случае сигнал содержит мало шума и сигнал от поезда виден глазом, но такие случаи бывают редко.

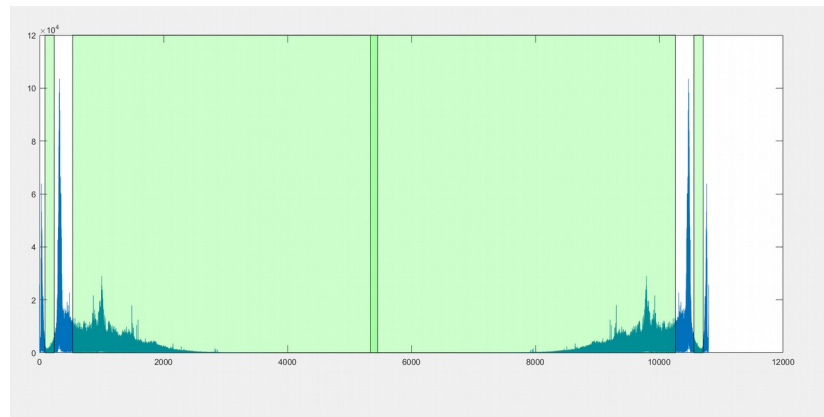
Если посмотреть на фурье-образы участков с сигналом от поезда и без него, можно заметить, что на некоторых частотах они сильно отличаются.



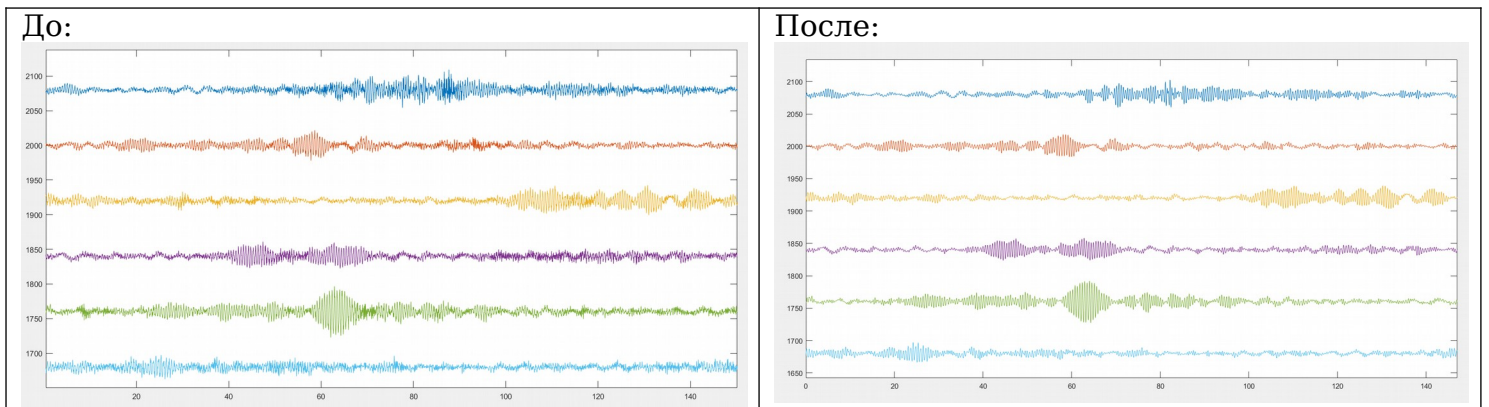
Таб.1 На рисунках показана разница фурье-образа для участка (зеленое окно) в зависимости попадает туда сигнал от поезда или нет(сигнал возведен в квадрат, чтобы глазом лучше различались участки с поездом по амплитуде).

Соответственно можно предположить, что можно создать некий фильтр, применив который на сигнал, можно будет обнаружить участки, содержащие сигнал от поезда.

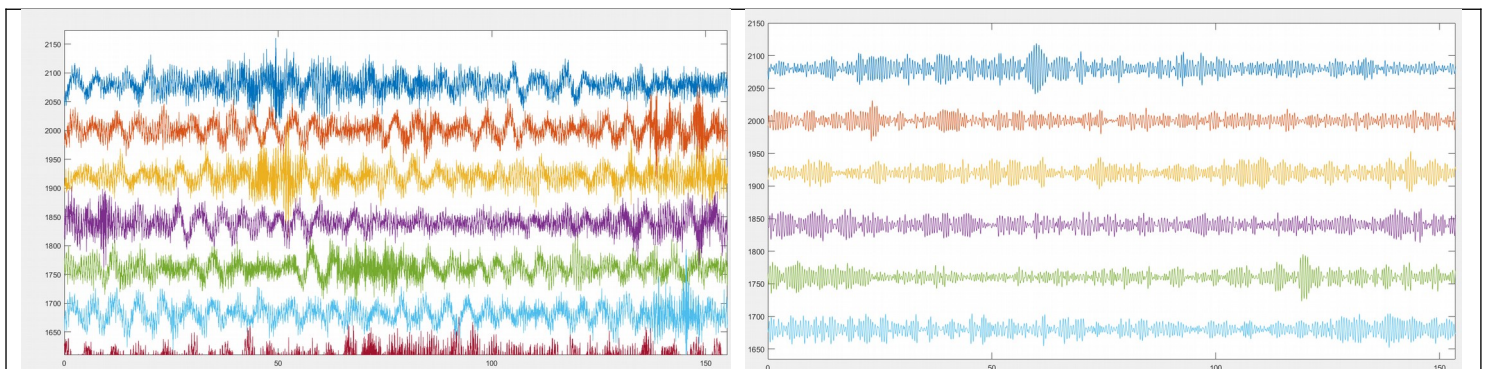
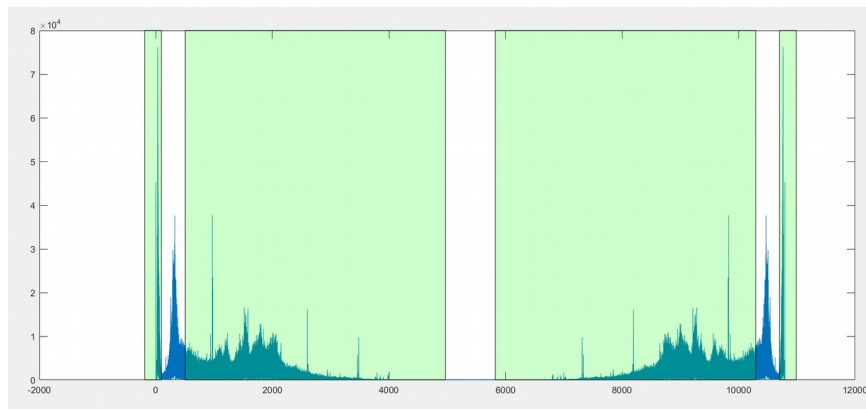
Например, если в фурье-образе сигнала, показанном на следующем рисунке занулить выделенные зеленым участки,



то картина изменится следующим образом(показаны фрагменты):



На более зашумленном сигнале результат заметнее



Задача состоит в том, чтобы найти некий оптимальный фильтр, применив который можно наилучшим образом выделить сигнал. Для этого предполагается использовать библиотеку для обучения нейросетей TensorFlow.

Идея состоит в том, чтобы поэлементно перемножать фурье-образ сигнала на переменную (вектор такой же размерности) в функции потерь, которая будет минимизироваться.

Функция потерь: $L = \left(\left(\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|} \right)^2 - Y \right)^2$, где x - сигнал, F - fft, F^{-1} - ifft, V -

переменная, которая по сути и есть фильтр, Y - указатель, равный 1, если рассматриваемый сигнал содержит поезд, и 0 в противном случае.

Легко видеть, что если задать все значения V равными к примеру 0.5, функция потерь будет 0.5. Но если V будет действовать как нужный нам фильтр, то норма сигнала с поездом не сильно изменится, значит

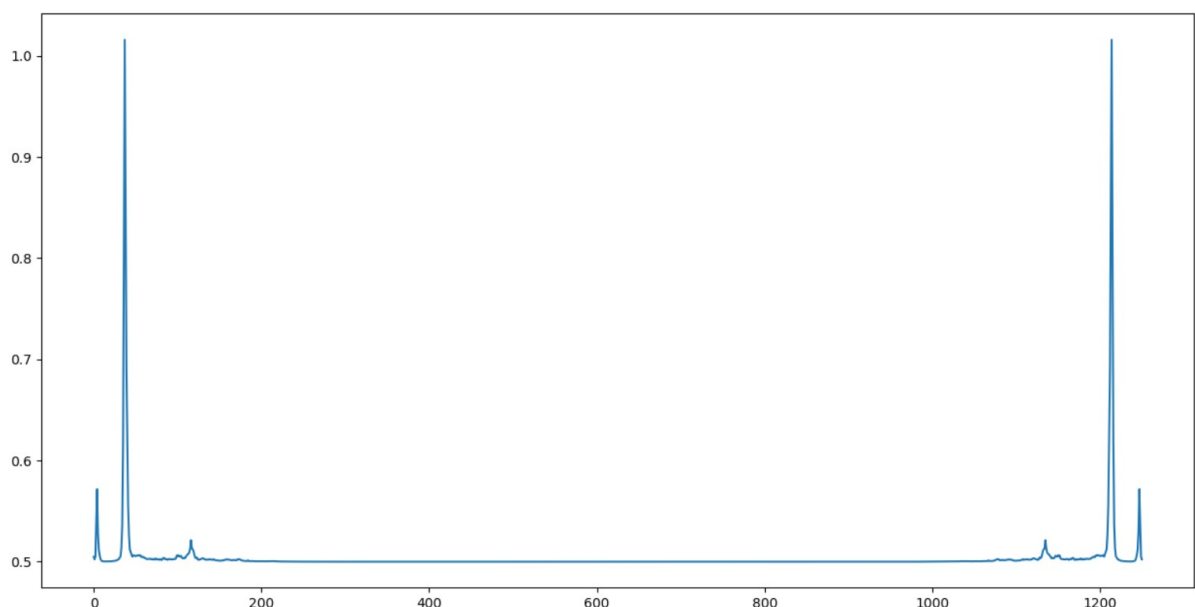
$\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|}$ близко к 1, а $\left(\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|} \right)^2 - Y$ к 0, и наоборот, норма

сигнала без поезда уменьшится сильно, значит $\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|}$ будет ближе к

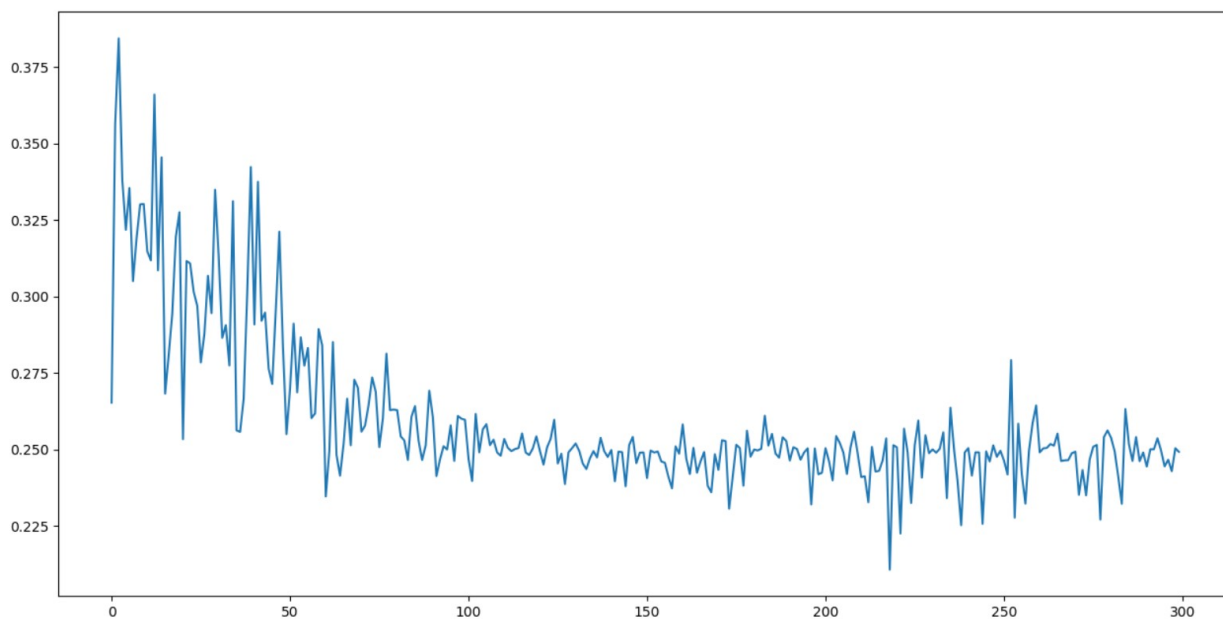
0, и $\left(\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|} \right)^2 - Y$ также будет ближе к 0. Соответственно чем меньше функция потерь, тем лучше фильтр.

Результат для начального значения $V = [0.5...0.5]$ и 300 эпох обучения:

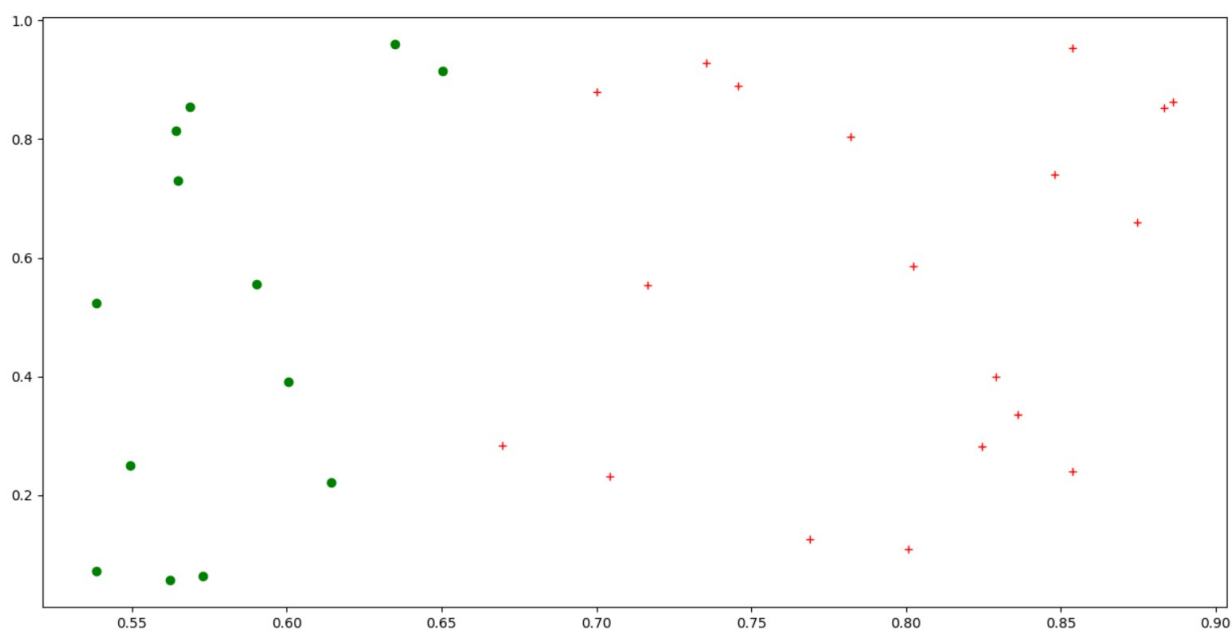
V :



Потери:



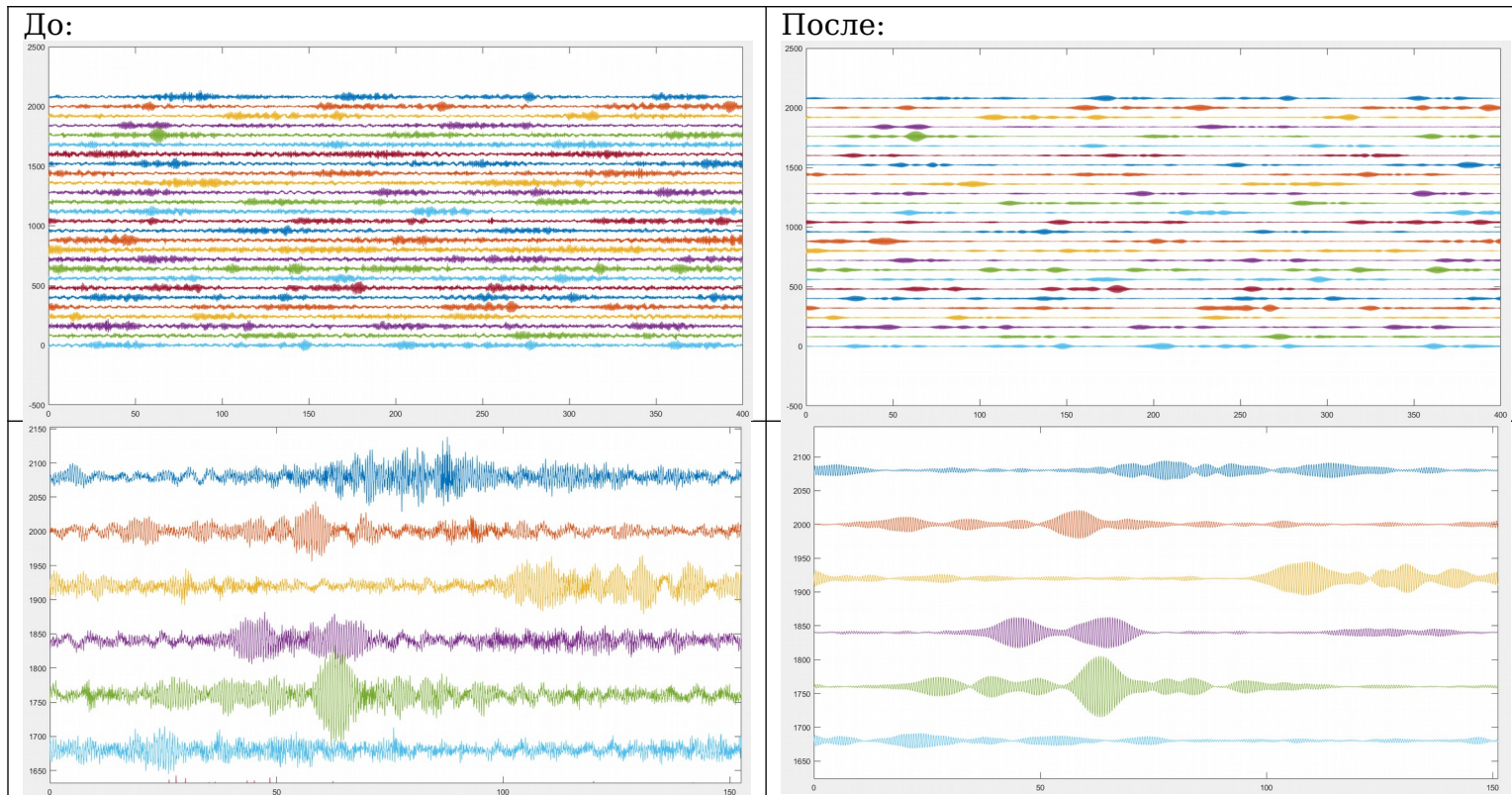
Здесь по оси абсцисс показано значение $\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|}$, по оси ординат – случайные числа (чтобы точки не накладывались друг на друга). Круги – данные без поезда, + – с поездом.



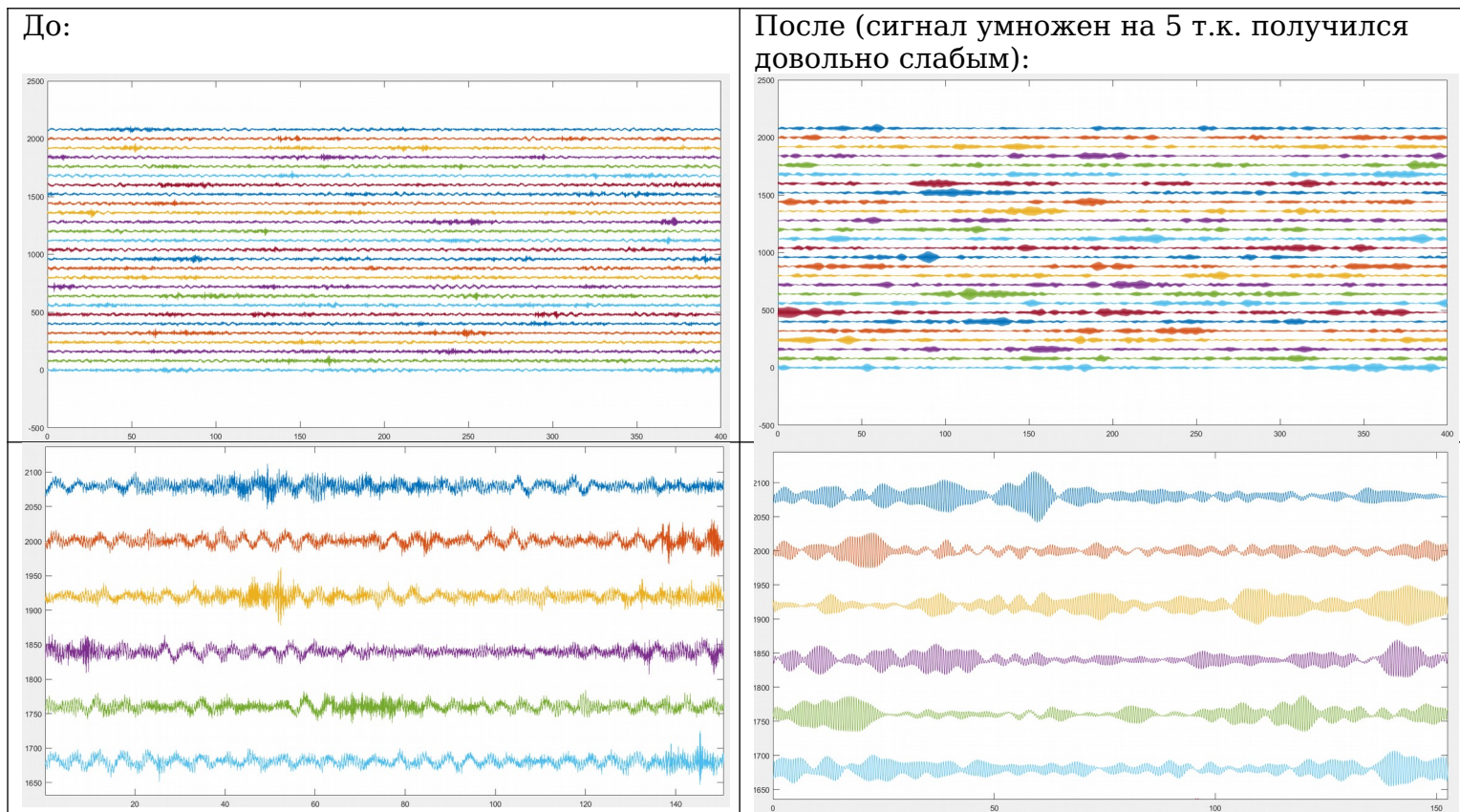
Как видно, по значению $\frac{\|F^{-1}(F(x) * V)\|}{\|x\|}$ понятно, содержат данные сигнал от поезда или нет.

Примеры применения фильтра такого типа:

На сигнале со слабым шумом:



На более зашумленном сигнале:



Далее для машинного определения участков с сигналом от поезда, можно пройти по отфильтрованному сигналу интегральным окном, а затем отсечь по некому пороговому значению определенные участки полученной функции.

В качестве теста описанный метод был применен на незашумленном сигнале. Участки, выделенные человеком, совпали с участками, выделенными с помощью алгоритма на 76%.

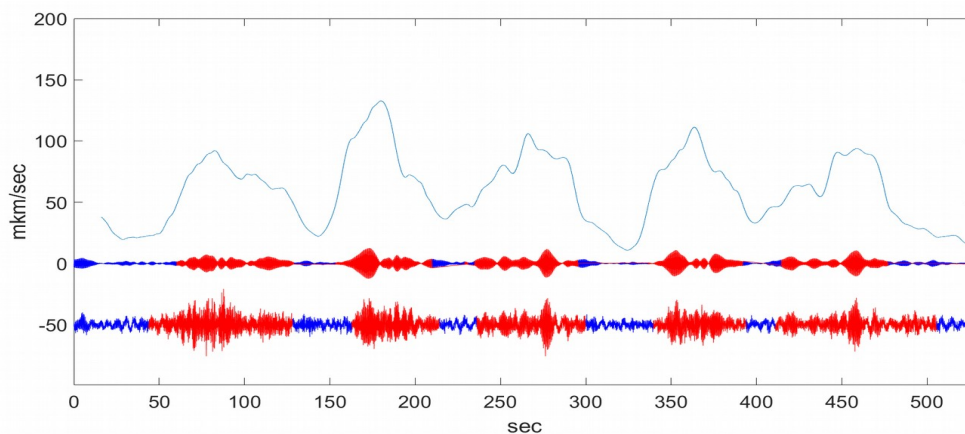
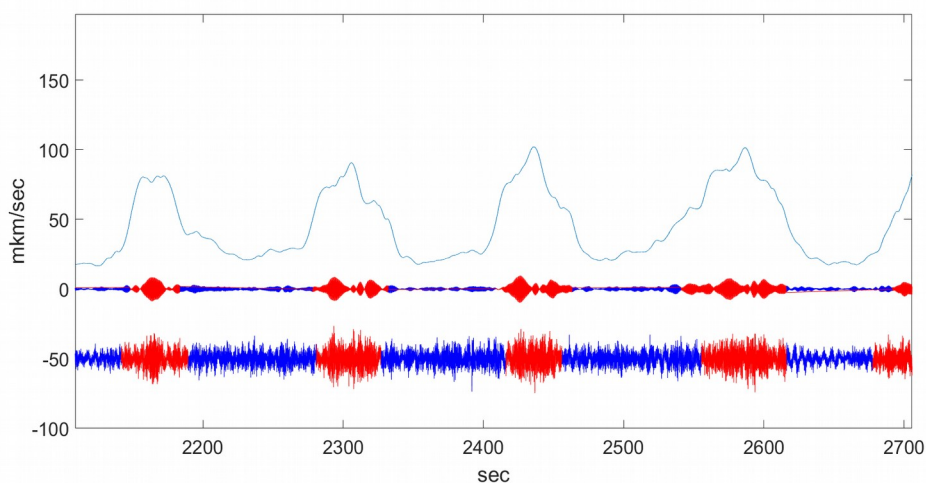


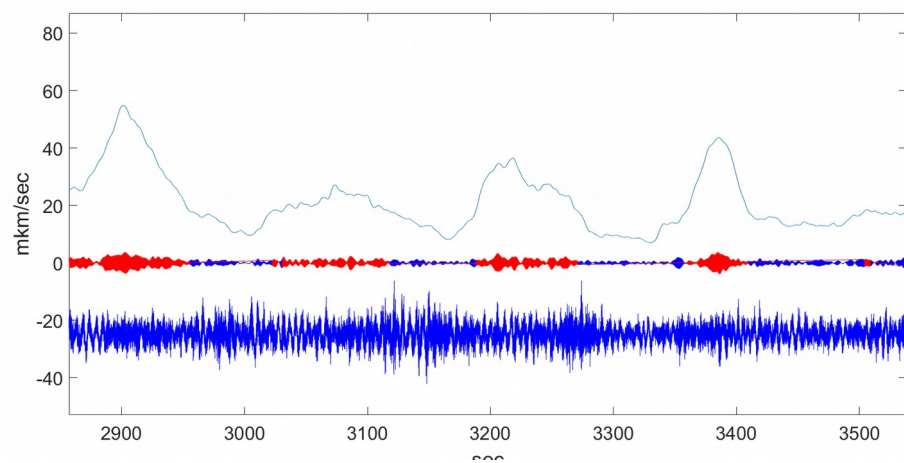
Рис. 2. Снизу показан изначальный сигнал, красным цветом показаны участки, выделенные человеком. Сверху отфильтрованный сигнал, красным отмеченные участки, выделенные автоматически при помощи функции, нарисованной сверху.

Далее приведены иллюстрации применения алгоритма на сигналах разной зашумленности. Снизу — изначальный сигнал, над ним отфильтрованный сигнал и функция, полученная при помощи интегрального окна. Красным отмечены участки, предположительно содержащие сигнал от поезда, выделенные автоматически.

При слабом шуме:



Средняя зашумленность:



Сильный шум (землетрясение). Изначальный сигнал ослаблен, чтобы его было видно при данном масштабе.

